Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Würzburg
Vorstand: Prof. Dr. med. et Dr. med. dent. *J. Münch*

Klinische und technische Prüfungen der Goldersatzmetalle „Argal", „Argodent" und „Alutal".

Inaugural-Dissertation

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

Karl-Josef Dietrich

Zahnarzt

Lohr am Main

Würzburg 1940
Buchdruckerei Georg Graßer, vormals Franz Staudenraus

Gedruckt mit Genehmigung der med. Fakultät Würzburg

Berichterstatter:

Professor Dr. Josef Münch

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen lieben Eltern

in Dankbarkeit gewidmet

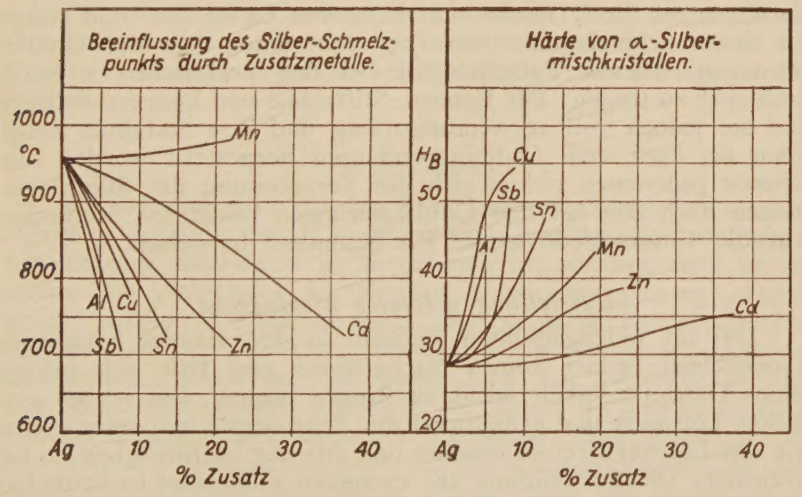
Seit dem Weltkriege waren es verschiedene Motive, die Wissenschaft und Technik dazu veranlassten, einen dem Golde möglichst gleichwertigen Ersatz zu schaffen. Waren es im Kriege nationale Gründe, so war der Ruf nach Goldersatzmetallen nach dem Kriege dadurch verursacht, daß die Preise für Gold infolge der Geldentwertung nur von finanziell besser gestellten Kreisen aufgebracht werden konnten. Leider wurde damals der Begriff „Goldersatz" zu weit gefaßt. Man denke an die Messing- und Bronzelegierungen, die zwar durch ihre goldähnliche Farbe vieles vortäuschten, aber durch ihren Gehalt an Kupfer und Zink nicht korrosionsbeständig waren. Ihre goldähnliche Farbe war durch Auflösungserscheinungen bedingt. Seitdem tritt man auch dem Begriff „Goldersatz" skeptisch entgegen. In den letzten Jahren veranlaßte uns unsere Devisenlage dazu, das wertvolle Gold möglichst zu sparen zwecks Stärkung unserer gesamten Wirtschaft für den allgemein vorauszusehenden Entscheidungskampf mit den Gegnern des Deutschen Reiches um unser Sein oder Nichtsein. Es konnten damals Legierungen hergestellt werden, die man z. T. ob ihrer hervorragenden Eigenschaften als wirklichen Goldersatz oder besser Goldaustauschmetalle ansprechen konnte. Man denke an Palliag, Pedagan, Cheko, Pallagan, Alba, Econor u. a. Während bis zu Beginn dieses jetzigen Krieges die Verwendung von Gold und Palladium in Legierungen, wenn auch beschränkt, möglich war, mußte man nun dazu übergehen, Dentallegierungen herzustellen, die auch ohne diese Edelmetallbestandteile den Erfordernissen der zahnärztlichen Prothetik in vollkommener Weise Genüge leisteten. Es entstanden so Legierungen auf der Silberbasis, wie „Argal", „Argodent", und „Silca". Wenn die Zusammensetzung dieser Legierungen vielleicht auch noch nicht als endgültig angesprochen werden kann, so wurden bei der Verwendung dieser neuen Metalle doch durchaus brauchbare Resultate erzielt. Im ersten Teil meiner Arbeit möchte ich nun über meine klinischen und technischen Erfahrungen mit Argal und Argodent berichten.

Zunächst muß ich aber über grundlegende Begriffe wie Korrosion, Homogenität, Heterogenität usw. kurz einiges anführen. Wir müssen auch bei Goldersatzmetallen gewisse Anforderungen stellen an einen bestimmten Härtegrad, gute Verarbeitungsmöglichkeit, Elastizität, Mundbeständigkeit d. h., sie müssen farbbeständig sein, unschädlich für den Organismus und dürfen keine Auflösungserscheinungen zeigen. Wenn sie letzterer Anforderung genügen, nennt man sie korrosionsbeständig. Dies ist der Fall, wenn die Legierung homogen d. h. einheitlich aus Mischkristallen

aufgebaut ist. Mischkristalle entstehen dann, wenn sich die zusammengeschmolzenen Komponenten einer Legierung in flüssigem oder festem Zustand ineinander lösen. Ist eine Legierung nicht aus einheitlichen Mischkristallen aufgebaut, so ist sie heterogen und damit nicht korrosionsbeständig; sie verfällt der Auflösung. Die Heterogenität ist dadurch bedingt, daß sich die Kristalle zweier oder mehrerer Metalle der Legierung, sei es infolge falscher Zusammensetzung oder unrichtiger Verarbeitung, der Schwere nach übereinanderschichten und dann bei Hinzutreten von Speichel zur Bildung eines galvanischen Elementes führen. Unter unrichtiger Verarbeitung ist Überhitzung des Gußmetalles sowie zu schnelles Abkühlen in Wasser oder Säure zu verstehen. Je schneller die Abkühlung des Schmelzgutes vor sich geht, desto unregelmäßiger ist die Kristallbildung, da die Diffusionsdauer zu kurz ist. Bei Goldgüssen z. B. werden aus der Schmelze die goldreicheren Kristalle früher ausgeschieden als die goldärmeren. Wird der Abkühlungsvorgang durch schnelles Abschrecken beschleunigt, so kann kein Ausgleich zwischen den verschiedenen Kristallarten eintreten und dadurch entsteht eine Spannungsdifferenz innerhalb des Metallstückes. Die Bildung galvanischer Elemente zwischen den einzelnen Teilen ist das Ergebnis dieses Prozesses. Die unedlen Bestandteile der Legierung gehen in Lösung und schlagen sich auf den edleren nieder. Infolge geringerer chemischer Widerstandsfähigkeit der ersteren treten dann unschöne Verfärbungen auf. Das auslösende Moment der Korrosion ist der Mundspeichel. *Scheer* schreibt darüber folgendes (aus Dissertation Rössner): „Da die Mundflüssigkeit auf Grund ihres Gehaltes an Salzen, wie Rhodaniten, Kochsalz, Milchsäure und Enzymen einen Elektrolyten darstellt, so ist sie befähigt, bei Anwesenheit von Metallen eine Elektrolyse zu erzeugen. Die Elektrolyse ist somit abhängig von den Metallen und bei Legierungen von deren Zusammensetzung. Jedes Metall hat sein eigenes nur ihm allein zukommendes Lösungsvermögen, die Lösungstension. Je größer die Lösungstension ist, eine umso höhere Stufe nimmt das Metall in der Spannungsreihe ein. Je weiter die betreffenden Metalle in der Spannungsreihe auseinander stehen, umso größer wird beim Auftreten der Wirkung die entstandene elektrische Spannung und die damit verbundene Potentialdifferenz und damit zugleich auch der Auflösungsvorgang umso intensiver sein". Diese grundlegenden Betrachtungen habe ich dem Hauptteil meiner Arbeit vorausgeschickt, da man sich eventuell auftretende Verfärbungen an diesen Metallen zu erklären wissen muß und da es besonders bei den zu untersuchenden Silberlegierungen auf saubere und vorschriftsmäßige Verarbeitung ankommt. Daß hierbei den besonderen Eigenschaften der Legierungen Rechnung zu tragen ist, möge man

daraus ersehen, daß das Urteil der Kollegen, die die neuen Legierungen in der Praxis verwendeten infolge vieler Mißerfolge sehr verschieden ist. Diese Mißerfolge sind m. E. stets nur auf unsachgemäße Verarbeitung der Legierungen zurückzuführen.

Die Verwendung von Silber zu Legierungen ist aus den Palladium-Silber-Goldlegierungen her bekannt. Mit diesen Edelmetallen läßt es sich am besten legieren. Das Feinsilber allein ist nicht für prothetische Zwecke zu verwenden, da es in schwefelhaltigen Medien zu stark zur Sulfidbildung neigt. An Stelle von Gold und Palladium müssen deshalb während der Kriegszeit andere Metalle treten. Am besten eignen sich hierfür Zinn, Zink und Cadmium. Zinn erhöht besonders die chemische Widerstandsfähigkeit. Gleichzeitig werden größere Härtegrade, Festigkeit und Dehnung erzeugt, vor allem aber ein wesentliches Zurückdrängen der Neigung des Silbers, in schwefelabgebenden Medien sich braunschwarz zu verfärben. Diese Legierungen sind nicht vergütbar, da ihnen Härtemetalle wie Kupfer, Nickel u. ä. fehlen. Würde man z. B. Kupfer hinzugeben, so hätte man keine homogene Legierung mehr, da Ag-Cu nur durch Hinzutreten von Gold homogene Mischkristalle bilden. Die Gefahr der Verfärbung wäre so viel größer. Der Silbergehalt der neuen Legierungen beträgt ca. 80%. Aus folgender graphischer Darstellung geht hervor, welche Zusätze beim Silber in Frage kommen können und welchen Einfluß sie auf den Schmelzpunkt und die Härte des Silbers haben:



(Aus Degussa-Brief Nr. 37).

Von wesentlicher Bedeutung bei der Beurteilung der Qualität der Silberlegierungen ist es, daß die Silbermenge sich mit den in Frage kommenden Legierungskomponenten vollkommen löst und beim Auskristallisieren ein homogenes Gefüge ergibt, wodurch Korrosionsfestigkeit bedingt ist. Im Gegensatz zu den früheren Gold-Palladium-Silberlegierungen ist bei der Verarbeitung dieser neuen Austauschstoffe auf die ungewohnt niedrigen Schmelzpunkte zu achten. Die besonderen Eigenschaften seien hier angeführt (n. Angaben d. Fa.):

	Schmelz-intervall.	Härte kg/mm²
Argal	860—800° C	56
Argodent	840—825° C	62

Um sich von den angegebenen Zahlen ein Bild machen zu können sei erwähnt, daß der Schmelzpunkt von Goldlegierungen von 1063°-950° schwankt. Was den Härtegrad betrifft, so spricht man bei einer Brinellhärte von 60 kg/mm² von weichen, bei einer von 100 kg/mm² mittelharten, bei einer von 150 kg/mm² von harten Legierungen.

„Argal" und „Argodent" gehören also zu den weichen Legierungen bei ihrer Durchschnittshärte von 60 kg/mm² und stehen mit ihrem Schmelzpunkt von 155—200° unter dem der Goldlegierungen. Diesen Tatsachen ist bei den praktischen Arbeiten Rechnung zu tragen. Für Kronen, Stiftzähne und kleinere Brücken sind sie jedoch voll verwendungsfähig und ihre Stabilität steigt, wenn sie nach dem Cadmiumverfahren hergestellt werden. Im Grunde genommen richtet sich die Verarbeitung der Silberlegierungen nach den bei den Goldlegierungen bekannten Methoden. Auf die Unterschiede werde ich besonders hinweisen.

Herstellung gelöteter Werkstücke.

Das im weichgeglühten Zustand in den Handel kommende Kronenblech bedarf keines Nachglühens und läßt sich infolge seiner Geschmeidigkeit leicht zu Ringen biegen. Die sauber verpaßten Lötfugen sind gründlichst mit Feile oder Sandpapier ebenso wie das Lot oxydfrei zu machen und mit der Lötflüssigkeit zu bestreichen. Die Verwendung der speziellen Flußmittel ist besonders angezeigt, da der Schmelzpunkt des Borax zu hoch liegt. Zum Löten von Ringen und Kronendeckeln ist eine schwache Flamme

zu verwenden. Der Schmelzpunkt des Lotes liegt zwar 100—200° unter dem der Legierung, aber es besteht trotzdem leicht die Gefahr des Schmorens bei geringer Überhitzung. Die Lotnähte selbst sind sehr stabil. Beim Löten des Deckels an den Ring ist es vorteilhaft, von innen zu löten, da hier das Lot besser liegen bleibt und verschmierte Lotstellen nach außen unsichtbar sind. Trotz aller Vorsichtsmaßregeln sind Lötprozesse heikle Angelegenheiten, sodaß ich mich entschlossen habe, meine sämtlichen Patientenarbeiten nach dem Cadmiumverfahren herzustellen. Es ist die beste Methode, um das schwierige Löten zu umgehen. Außerdem läßt sich mit Hilfe des weichen Cadmiums der künftigen Krone eine viel genauere und exaktere Gestalt geben als dies mit dem härteren Kronenblech möglich ist. Weitere Vorteile bietet das Cadmiumverfahren insofern, als ein aus einem Guß bestehendes Werkstück bedeutend stabiler ist und somit auch die Kaufläche nicht so leicht durchgekaut werden kann wie dies bei gestanzten und nachträglich aufgelöteten Kronendeckeln häufig der Fall ist, und daß schließlich auch die leichter zur Verfärbung neigenden Lotnähte in Wegfall kommen. Beim Zusammenlöten von einzelnen Brückengliedern besteht auch nicht die Gefahr, daß an fertigen Kronen bereits vorhandene Lotnähte wieder aufschmelzen. Die Herstellung von Richmondkronen wäre durch das Zusammenlöten des Ringes, Auflöten des Deckels, Anlöten des Stiftes zu kompliziert, sodaß ich, um das vielfache Löten mit den niedrig schmelzenden Silberlegierungen zu umgehen, auch hier die Cadmiummethode anwandte, wobei Ring-Deckel-Stift aus einem Guß hergestellt und das Anlöten der gegossenen Rückenfläche zugleich mit dem Einlöten der Facette in einem einzigen Lötprozeß erledigt werden konnte.

Gußverfahren.

Da nicht nur hier bei den Silberlegierungen aus den eben erwähnten Gründen die Cadmiummethode bei der Herstellung von Kronen und Stiftzähnen zu bevorzugen ist, sondern auch bei der später zur Abhandlung kommenden Aluminiumlegierung „Alutal" sie die einzige Möglichkeit bietet, um gegossene Bandkronen herzustellen, da dort ein Löten unmöglich ist, möchte ich kurz den technischen Verlauf bei der Herstellung von Werkstücken nach dem Cadmiumverfahren erläutern. Aufpassen und Zuschneiden des Cadmiumringes, Modellieren der Kaufläche erfolgt genau wie bei den gelöteten Kronen, wie auch der Einbettungsvorgang und Auslassen des Wachses gleichbleibt. Einzig allein das Entfernen des Cadmiums erfordert ein wenig Übung. Nachdem das Wachs ausgeflossen und die Einbettmasse gut ausgetrocknet ist, legt man

die Muffel mit dem Cadmiumring in den Vorwärmeofen. In den nun folgenden Minuten darf man die Muffel nicht außer acht lassen und einer anderen Arbeit nachgehen. Nach 2—3 Minuten dreht man die Muffel, damit sie von allen Seiten gleichmäßig erhitzt wird. Besonderes Augenmerk ist jetzt auf den Gußtrichter zu richten, da man hier genau erkennen kann, wann das Cadmium im Innern der Muffel zu schmelzen beginnt. Zuerst färbt sich der ganze Gußtrichter grau bis schwarz. Kurze Zeit darauf, etwa 1—2 Minuten, wird er vom Rand der Muffel aus nach der Mitte zu wieder langsam weiß. Bevor nun die graue Farbe der weißen ganz Platz gemacht hat, nimmt man die Muffel aus dem Ofen und klopft das flüssige Cadmium vorsichtig aus. Hat man den richtigen Zeitpunkt erraten, so kommt das ganze Cadmium silberweiß heraus. Ging man etwas über den genauen Zeitpunkt heraus, so sieht es gelblich aus. Vorsichtshalber legt man die Muffel noch eine Minute in den Ofen und klopft dann nochmals aus. Wenn ich in dieser Weise vorging, hatte ich mit Cadmiumkronen niemals Mißerfolge. Sollte es vorkommen, daß man den richtigen Augenblick verpaßt hat, wo das Cadmium flüssig wird, so kann man es auch verbrennen lassen, wenn man die Muffel längere Zeit im Ofen glühen läßt.

Zum Guß des Silbermetalles erwärmt man die Muffel auf 550—600°, was ungefähr einer dunkelroten Glut der Muffel entspricht. Beim Gußprozeß selbst ist darauf zu achten, daß man nicht zu stark mit der Rauschflamme erhitzt und bei eintretendem Metallspiegel sofort schleudert. Das Gußstück läßt man langsam erkalten. Vorhandene Gußkegel können wieder zum Gießen verwendet werden. Beim Angießen erhitzt man das Schmelzgut etwas über den Schmelzpunkt. Da durch zu lange Vorwärmung der Kronenringe für Angußzwecke die Gefahr einer Oxydation der Ringe und somit keine feste Verbindung mit dem angegossenen Metall entsteht, ist zu langes Vorwärmen von Kronenringen unbedingt zu vermeiden. Jedes gegossene oder gelötete Werkstück ist zur Beseitigung der Oxydschichten vor der Politur zu beizen. Hierzu verwendet man 10—15%ige Schwefelsäure und führt die Beizung in der Weise durch, daß man die Werkstücke in die nicht zu heiße Schwefelsäurelösung legt. Es bilden sich dann an der Oberfläche Feinsilberschichten, die, da sie nicht anlaufbeständig sind, unbedingt weggeschliffen werden müssen. Die Politur erfolgt nach der für Goldlegierungen üblichen Weise, wobei besonders auf Hochglanzpolitur Wert zu legen ist, da Rauhigkeiten natürlich sehr stark den Ansatz von Belägen fördern.

Mundbeständigkeit.

Obwohl das Silber leicht zur Sulfidbildung neigt, konnte ich trotzdem bei meinen Patientenarbeiten recht erfreuliche Resultate erzielen in Bezug auf die Farbbeständigkeit der Ersatzstücke. Die Kontrolle erstreckte sich auf 5—8 Wochen. Dabei stellte ich fest, daß die Farbbeständigkeit auch bei richtiger Verarbeitung der Legierungen viel davon abhängt, wie die Patienten ihr Gebiß pflegen. Daß auch bei Goldlegierungen verfärbende Beläge bei mangelhafter Mundpflege auftreten ist bekannt. Gewöhnlich konnte ich bei der ersten Kontrolle schwach angelaufene Stellen vorfinden, die sich mit Gummipolierer oder mit Bürste und Schlämmkreide leicht entfernen ließen. Machte ich die Patienten auf noch bessere Mundpflege aufmerksam, so konnte ich bei den weiteren Kontrollen bis auf die unzugänglichen Interdentalräume keine Verfärbung mehr feststellen. Die silberweiße Farbe war und blieb bis jetzt sehr gut erhalten. Auflösungserscheinungen waren in keinem Falle festzustellen. Ungebeizte Werkstücke verhielten sich nicht so farbbeständig, wie ich an zwei Patientenversuchen feststellen konnte, da sie schneller anlaufen. Jedoch läßt sich auch hier der Verfärbungsbelag durch Politur leicht entfernen. Mit mineralisiertem Speichel wurden 5 Wochen lang Versuche durchgeführt. Es wurde mineralisierter Speichel von der bekannten Zusammensetzung nach *Leonhardt* verwendet:

Rp.	Kal. chlorat.	0,84
	Kal. sulf.	0,31
	Kal. phosph.	0,47
	Natr. phosph.	0,37
	Calc. phosph.	0,20
	Magn. phosph.	0,008
	Aqua dest. ad	1000,0

Um die Untersuchungen den Mundverhältnissen anzugleichen, wurden verschiedene Säuren zugesetzt.

Zu den Versuchen, die im Thermostat bei 37° durchgeführt wurden, wurden folgende Lösungen verwendet:

1. mineralisierter Speichel.
2. „ „ + 3% Essigsäure.
3. „ „ + 3% Buttersäure.
4. „ „ + 1% Milchsäure
5. „ „ + 1% Schwefelwasserstoff.

In jeder Lösung befanden sich Werkstücke, die z. T. ganz, z. T. nicht ganz auf Hochglanz poliert waren. Ergebnis der Untersuchungen war folgendes:

Mineral.-Speichel.

	mineral. Speichel.	+ 3% Essigsäure	+ 3% Buttersäure	+ 1% Milchsäure	+ 1% H_2S.
Argal	sehr gut	grau	hellgrau	hellgrau	braunschwarz
Argodent	sehr gut	grau	gut	hellgrau	braunschwarz

Am empfindlichsten waren die Legierungen gegenüber mineralisiertem Speichel + 1% H_2S. Die Verfärbungen, die bei vier Reagenzien schon nach zwei Tagen eintraten, waren bei unpolierten Stücken noch schneller vorhanden.

Meine Arbeiten und Versuche an den beiden Goldersatzmetallen auf Silberbasis, Argal und Argodent, in Klinik und Technik möchte ich in folgenden Worten zusammenfassen: Bei Beachtung der für die Verarbeitung maßgebenden Vorschriften, wobei besonders der niedrige Schmelzpunkt bei Guß- und Lötprozessen zu berücksichtigen ist, ist es möglich, Arbeiten herzustellen, die man in Anbetracht der Kriegszeiten als recht erfreulich bezeichnen kann, da verfärbende Beläge bei exakter Mundpflege weitgehend vermieden und Auflösungserscheinungen nicht festgestellt werden.

Edelaluminiumlegierung „Alutal".

Aluminium, dessen Vorkommen in Ton, Feldspat, Glimmer usw. bekannt ist und als deutscher Werkstoff weitgehend in unserer Industrie Verwendung findet, war bis jetzt noch nicht berufen, in der Zahnheilkunde eine besondere Rolle zu spielen. Man kannte die guten Eigenschaften dieses Metalles und wußte auch, daß seine Verwendungsfähigkeit mit seinem steigenden Reinheitsgrad wuchs. Jedoch war man bis vor kurzem über einen Reinheitsgrad von 98% nicht hinausgekommen. Im Kampf um den Ersatz von Gold ist man schon seit Jahrzehnten bestrebt, diesem Metall Zugang in die zahnärztliche Prothetik zu verschaffen. Nachdem es als Duraluminium Verwendung in der Luftfahrt gefunden hatte, wodurch das Interesse für dieses Leichtmetall sehr geweckt wurde, fand es in der Rohstofflage des Weltkrieges trotz seiner hierfür noch unzulänglichen Eigenschaften Zugang zur zahnärztlichen Prothetik. Man erinnert sich heute noch an die schlechten Erfahrungen, die man damals mit Aluminium machte. Inzwischen hat es nicht an Arbeiten und Versuchen gefehlt, durch

verschiedene Methoden seine Korrosionsfestigkeit zu erhöhen. Man denke an das Schutzverfahren von Bauer und Vogel, einen mittels 5%iger kalzinierter Soda und 1,5%igem Natriumchromat auf dem Aluminium hergestellten sehr beständigen glänzenden Überzug, Oxydation genannt. Bekannt ist auch das Verfahren der Eloxierung, eine mittels elektrischem Strom auf dem Aluminium abgelagterte Oxydationsschicht, die sehr korrosionsbeständig sein sollte. Bessere Ergebnisse sollten dann mit Legierungszusätzen zu Aluminium erzielt werden. Wie die Versuche mit „Uralin", einer Aluminiumlegierung mit 2%igem Kupferzusatz bewiesen, befriedigten hier die Ergebnisse in keiner Weise, da der schädliche Bestandteil Kupfer mit Aluminium eine korrosionsfördernde intermetallische Verbindung eingeht. Außerdem war diese Legierung auch nicht vergütbar.

Erst in jüngster Zeit ist es gelungen, das schon lange ersehnte Reinstaluminium herzustellen, das einen Reinheitsgrad von 99,99% aufweist. Die mit diesem Reinstmetall hergestellte Edelaluminiumlegierung trägt den Namen „Alutal".

Es soll im folgenden untersucht werden, ob diese Legierung den technischen und klinischen Anforderungen entspricht. Nach Mitteilung der Firma ist Alutal auf Reinstaluminium aufgebaut und enthält ungefähr 0,8% Si, 0,7% Mg und ungefähr 0,2% Ti zur Kornverfeinerung. Die Legierung liegt im homogenen Mischkristallgebiet, kann jedoch durch zu schnelles Abschrecken nach dem Guß in geringem Ausmaß heterogen werden. Diese Heterogenität wird durch die nachfolgende Glühbehandlung bei ca. 550° wieder aufgehoben, die Legierung ist wieder homogen und bleibt es auch. Während des 24 stündigen Lagerns bei Zimmertemperatur (Temperung) oder nach $1^1/_2$ Stunden Anlaßdauer bei 180° scheidet sich nach der Glühbehandlung aus dem übersättigten Mischkristall Mg_2Si submikroskopisch aus, wodurch die Härtung bewirkt wird. Das Metall kommt weichgeglüht in den Handel. Da durch Weichglühen bei ungefähr 300° eine Koagulation der ursprünglich submikroskopisch ausgeschiedenen Kriställchen eintritt, wodurch Lokalelementwirkung und somit ein verstärkter chemischer Angriff bewirkt würde, muß das weichgeglühte Metall vor Verwendung zu Patientenarbeiten einer Wärme- und Vergütungsbehandlung unterzogen werden. Dies ist zur Erzielung größerer Härte, Elastizität und chemischer Widerstandsfähigkeit unbedingt erforderlich.

Hier soll nicht die ganze Verwendungsmöglichkeit des Alutals beschrieben werden. Ich beschränke mich auf gegossene Bandkronen, Richmondkronen, Gußfüllungen und Basisplatten. Zunächst aber noch einiges über die Eigenschaften der Legierung:

Wärmebehandlung	Härte kg/mm²
Nach dem Guß ohne Wärmebehandlung	40—50
weichgeglüht	30
Nach vorherigem Glühen bei 550° und Abschrecken in Wasser	
a) bei Zimmertemperatur gealtert, oder	64
b) 2 Stund. bei 180° angelassen	73

(n. Ang. d. Fa.)

Eine Menge Gußversuche mit Phantomarbeiten sowie eine Reihe Patientenarbeiten und Untersuchungen in mineralisiertem Speichel ermöglichen es mir, meine Erfahrungen mit Alutal wiederzugeben.

Einbettung und Gußverfahren.

Wie fast alle anderen Legierungen zeigt auch das Alutal beim Übergang vom flüssigen in den festen Zustand Kontraktionserscheinungen. Um die unliebsame Eigenschaft auszugleichen, gibt es verschiedene Gegenmaßnahmen wie zweizeitiges Einbetten, Verwendung dicker Gußkanäle, mit „verlorenem Kopf", Gießen mit reichlichem Metallüberschuß. Es ist bekannt, daß die Einbettmassen — am geeignetsten ist „Duroterm" — eine sog. Abbindeexpansion besitzen, die bei einzeitigem Einbetten nicht ausgenützt wird, weil die Metallwände der Gußmuffel keine Ausdehnung zulassen. Die Expansion der Einbettmasse bildet teilweise einen Ausgleich gegenüber der Kontraktion der Metalle. Das zweizeitige Einbetten habe ich in der Weise vorgenommen, daß ich das Wachsmodell zunächst außerhalb der Muffel mit einer Schicht von Einbettmasse überzog, die Abbindezeit abwartete, um dann diesen kleinen Kloß in die Muffel einzubetten. Um eine gute Verbindung der Einbettmassen zu bekommen, ist es zweckmäßig, das Modell zwischen dem ersten und zweiten Einbettungsvorgang einige Zeit in ein Wasserbad zu legen. Das eingebettete Modell läßt man über Nacht stehen, damit die Einbettmaße gut abbinden und austrocknen kann. Nach Auslassen des Wachses und Vorwärmen der Muffel über dem Bunsenbrenner legt man dieselbe in den Muffelofen, wo sie langsam und gleichmäßig durchglühen kann. Nach etwa 30 Minuten läßt man die Muffel dann auf Handwärme abkühlen. Ein Fehler wäre es, den Guß vorzunehmen solange die Muffel noch glüht. Zum Gießen ist das Alutalflußmittel zu verwenden. Mit etwas Wasser rührt man das Flußmittel zu einem Brei an und be-

streicht damit die Gußplättchen auf allen Seiten. Man verhindert so die starke Oxydationsgefahr und auch die Gefahr der Wasserstoffnahme des Metalls aus dem Leuchtgas. Es ist zweckmäßig, bei jedem Guß wenigstens zwei Alutalplättchen zu verwenden, die man am besten dachfirstförmig gegeneinander stellt, damit sie nicht mit dem Muffelrand in Berührung kommen und verunreinigt werden. Auch ist bei Verwendung von Metallüberschuß der Überdruck beim Gießen größer. Die Gußplättchen dürfen beim Schmelzvorgang nur von der Rauschflamme getroffen werden, um eine Verbindung des Metalls mit dem Wasserstoff des Leuchtgases auszuschließen. Sinken die aufgestellten Plättchen in sich zusammen, so ist das der rechte Moment zum Schleudern. Dieser Vorgang ist mit hoher Anfangsgeschwindigkeit und wegen der niedrigen Erstarrungstemperatur des Alutals länger durchzuführen als es bei Edelmetall-Legierungen üblich ist. Das Material darf beim Gußprozeß nicht überhitzt und auch nach gelungenem Guß nicht abgeschreckt werden, da sonst porenhaltige und somit unbrauchbare Werkstücke entstehen. Die Ausarbeitung der fertigen Stücke erfolgt in gewohnter Weise, die Hochglanzpolitur nach der Vergütung.

Wärmebehandlung und Vergütung.

Aus den in der Einleitung erwähnten Gründen muß jedes Werkstück, ob gegossen oder aus Blech angefertigt, einer Wärme- und Vergütungsbehandlung unterzogen werden. Der Zeitersparnis wegen ist es zweckmäßig, diese Behandlung mit mehreren Werkstücken gleichzeitig vorzunehmen. Nach der Verarbeitungsvorschrift der Firma soll die Wärmebehandlung und Vergütung in einem Gas- oder elektrischen Muffelofen mit Temperaturmeßeinrichtung oder ganz einfach in einem Sand- oder Salzbad durchgeführt werden. Da mir ein Ofen mit Meßeinrichtung nicht zur Verfügung stand, habe ich für meine Arbeiten die anderen Methoden angewandt. Zuerst versuchte ich es im Sandbad, doch mußte ich hierbei die Wahrnehmung machen, daß meine Arbeiten trotz Beachtung der vorschriftsmäßigen Temperatur restlos schmorten. Nach diesen Erfahrungen und Beobachtungen halte ich das Verfahren des Sandbades in einer offenen Schale für unzulänglich. Vollen Erfolg brachten dagegen die Versuche mit dem Salzbad, für das die Firma ein besonderes Vergütungssalz liefert. Dieses Salzbad ist auch insofern vorteilhafter, als man hierbei nur 5 Minuten zu erhitzen braucht. Als Gefäß verwendet man einen Porzellantiegel. Das Vergütungssalz schmilzt bei ca. 200° zu einer klaren Lösung. Bei der Temperatur von 530—540° bringt man die Werkstücke in die Lösung, um sie nach 5 Minuten in kaltem Wasser abzuschrecken. Die sich hieran anschließende Vergütungs-

behandlung kann auf zwei verschiedene Arten durchgeführt werwerden. Entweder läßt man das Metallstück einen Tag bei Zimmertemperatur liegen, wodurch Selbstvergütung eintritt aus den oben erwähnten Gründen, oder man führt die Vergütung durch zweistündige Wärmebehandlung bei 180° durch. Auch zu diesem Zweck habe ich mich des Salzbades bedient, mußte jedoch anfangs erst eine höhere Temperatur wählen, um das Salz, das ja bei 180° noch eine feste Substanz bildet, in Lösung zu bringen. Die Temperatur läßt sich mit schwacher Flamme leicht konstant erhalten. Nach erneutem Abschrecken in kaltem Wasser besitzt das Metall die für unsere Zwecke erforderlichen Eigenschaften. Bei Gußfüllungen genügt schon die einfache Temperung, sodaß hier die zweistündige Vergütungszeit nicht nötig ist.

Herstellung von gegossenen Bandkronen.

Flaschentreher schreibt in seinem Büchlein „Die Technik der Leichtmetallprothetik": „Wenn bei der bisherigen Verwendung der bekannten Edelmetall-Legierungen die Ringbandkrone vorgeherrscht hat, so muß diese heute bei der Benutzung der Aluminiumlegierung durch die gegossene Krone, die Kappenkrone ersetzt werden". Dazu möchte ich anführen, daß die Herstellung von Bandkronen nach dem Cadmiumverfahren auch bei Aluminium durchaus möglich ist. Zwar reicht die Stärke des Cadmiumringes für die Stabilität der Aluminiumkrone nicht aus, doch kann man diesen Mangel dadurch beheben, daß man den ganzen Ring mit einem Wachsüberzug versieht. Der Kronenring hat dann nach dem Guß außer der Stärke des Cadmiumringes noch zuzüglich die Stärke der Wachsschicht. Um Läsionen des Zahnfleischsaumes zu verhindern, darf der dem Zahnfleisch anliegende Rand des Kronenringes natürlich nicht so stark ausfallen. Die Stabilität der Krone wird dadurch in keiner Weise beeinträchtigt. Die Kaufläche muß eine Stärke von 0,5—0,6 mm besitzen, um ein Platzen der Krone durch den Kaudruck zu verhindern.

Da bei Aluminium ein Löten bis jetzt noch nicht möglich ist, müssen auch Brücken in einem einzigen Gußverfahren hergestellt werden, wobei sich 3—4 gliedrige Brücken ohne besondere Mühe gießen lassen.

Herstellung von Stiftzähnen (Richmondkronen).

Wenn auch, wie schon erwähnt, ein Löten des Alutals nicht möglich ist, so braucht man dennoch nicht auf die Herstellung von Aluminium-Stiftzähnen zu verzichten, wenn auch sie in einem Stück gegossen werden. Nach Flaschentreher wäre hier nur die Herstellung von Käppchenstiftzähnen möglich, wobei das Alutal

an einen Stahlstift angegossen wird. Folgende Gründe bewogen mich jedoch, diese Methode nicht anzuwenden: 1. Kappenstiftkronen haben immer den großen Nachteil, daß durch das Fehlen des Wurzelringes eine erhöhte Bruchgefahr der Wurzel besteht. 2. Die Wurzelkappe kann nie so exakt auf dem Wurzelstumpf sitzen, daß nicht im Laufe der Zeit Säuren und Bakterien des Mundes den Zement auflösen und der Wurzelstumpf der Karies verfällt. 3. Direkte Verbindung des Alutals mit anderen Metallen, in diesem Falle mit dem Stahlstift, muß wegen der Korrisionsgefahr vermieden werden. 4. Eine feste Verbindung des Alutals mit dem Metallstift konnte ich bei meinen Versuchen nicht beobachten.

Um all diese Nachteile des Käppchenstiftzahnes zu umgehen, habe ich zu einer anderen Methode gegriffen, um auch bei Alutal Ring-Deckel-Stiftkronen in einem Guß herzustellen. Nach Zuschleifen des Wurzelstumpfes, külottenförmigem Präparieren des Kanaleinganges und Ausschachten des Wurzelkanals setzt man den zurechtgeschnittenen, passenden Cadmiumring auf. Die Facette wird nun dem Stumpf entsprechend aufgeschliffen. Sodann führt man weiches Blauwachs in den Kanal ein, drückt die mit Vaseline isolierte Facette in den Wachsüberschuß in ihrer richtigen Lage ein, läßt zubeißen und modelliert dann im Munde Rückenfläche und Schneidenschutz. Ein erwärmter Gußstift wird zwischen den Krampons in den mit Wachs ausgefüllten Wurzelkanal eingeführt und das ganze Modell einschließlich des Wurzelringes entfernt und eingebettet. Obwohl diese Methode etwas kompliziert erscheint, ist sie bei einiger Übung doch rasch durchzuführen. Auch hat sie den besonderen Vorteil, daß das ganze Kanallumen mit Metall ausgefüllt wird.

Herstellung von Gußfüllungen.

Bei Herstellung von Gußfüllungen aus Alutal ergeben sich keine besonderen Unterschiede gegenüber den bei Gold- oder Weißgußfüllungen üblichen Methoden. Dünn auslaufende Ränder sind nach Möglichkeit zu vermeiden, ebenso die Verwendung von angegossenen Metallstiften. Trotz des großen Wärmeleitungsvermögens des Aluminiums sind bei dünner Zementunterlage keine Reizerscheinungen festzustellen.

Herstellung gestanzter Basisflächen.

Obwohl ich auch Versuche mit gegossenen Basisflächen durchführte, möchte ich mich nur mit der gestanzten oberen totalen Basisfläche in dieser Arbeit befassen. Die Verarbeitung des Alutals zu diesen Zwecken ist durch das außerordentlich geringe spe-

zifische Gewicht (2,7), Korrosionsfestigkeit und leichte Prägbarkeit dieses Metalls besonders indiziert. Der Vorteil gegenüber Stahlplatten besteht darin, daß es im eigenen Labor verarbeitet werden kann, nicht allzu hart und enorm billiger im Preise ist. In Kombination mit Kunstharz dürfte es außerdem die zur Zeit leichteste Prothese darstellen.

Das Alutalblech läßt sich in bekannter Weise sehr leicht stanzen und gibt die Oberflächenbeschaffenheit des Gaumens genauestens wieder. Das Einstanzen von Saugkammern ist ohne weiteres möglich. Für die Herstellung von Retentionen für Kautschuk oder Kunstharz schlägt Flaschentreher vor, diese auf die Basisfläche aufzuschweißen. Da jedoch jede direkte Berührung eines Alutal - Werkstückes mit der offenen Flamme schädlich ist, ist dies zu vermeiden. Die Retentionen stellte ich mir in der Weise her, daß ich mit einem scharfen Stichel Rillen und Grübchen aus dem Metall herausarbeitete und anrauhte. Bei gegossenen Stücken gießt man die Retentionen gleich mit.

Mundbeständigkeit und Untersuchungen mit mineralisiertem Speichel.

Die auf Hochglanz gearbeiteten Werkstücke hatten eine schöne helle Farbe, die beim Tragen im Munde einen etwas matteren Ton annahmen. Im Gegensatz zu Gold fällt die Farbe des Alutals weniger auf, da sie sich der Farbe der Zähne besser anpaßt. Verfärbungs- und Auflösungserscheinungen waren in keinem Falle festzustellen. Metallgeschmack sowie Entzündungserscheinungen am Zahnfleisch traten nicht auf. Im Thermostat wurden 5 Wochen lang Untersuchungen bei 37° C in folgenden Lösungen durchgeführt:

1. In min. Speichel.
2. „ „ „ + 3% Essigsäure.
3. „ „ „ + 3% Buttersäure.
4. „ „ „ + 3% Zitronensäure.
5. „ „ „ + 1% Milchsäure.
6. „ „ „ + 1% Natriumkarbonat
7. „ „ „ + 1% Natriumbikarbonat.
8. „ 50% igem Alkohol.

Als Versuchsstücke wurden sowohl Alutal-Gußstücke wie auch Alutal-Blechstücke verwendet. Um zu untersuchen, ob die mechanische Bearbeitung der Werkstücke mit eisenhaltigen Instrumenten nachteilige Folgen zeigt, wurden zur Ausarbeitung auch Feile, Laubsäge und zur Politur Pariser Rot verwendet. Eine Beeinflussung des Alutals fand nicht statt. Die chemische Widerstandsfähigkeit des Metalls war in allen Reagenzien eine sehr gute

mit Ausnahme derer von Natriumkarbonat und Natriumbikarbonat, die Lochfraß hervorriefen. Wesentliche Farbveränderungen traten bei den Versuchen mit mineralisiertem Speichel nicht auf.

Zusammenfassend sei über Alutal erwähnt, daß es durch seine Farb- und Korrosionsbeständigkeit anderen Goldersatzmetallen vieles voraus hat. Sein Indikationsbereich ist dadurch beschränkt, daß es mit anderen Zahnersatzmetallen im Munde nicht in Kontakt kommen darf und ein Löten bis heute noch unmöglich ist. Sollte es im Laufe der Zeit gelingen, diese Nachteile zu beheben, so würde die Verwendung von Aluminium in der zahnärztlichen Praxis vielleicht wesentlich an Bedeutung gewinnen.

Zum Schluß meiner Arbeit sei es mir gestattet, meinem hochverehrten Lehrer und Chef, Herrn Prof. *Dr. Münch,* für die gütige Überlassung des Themas bestens zu danken.

Ehrenwörtliche Versicherung.

Ich versichere ehrenwörtlich, daß ich vorliegende Abhandlung selbständig und ohne jede Beihilfe verfaßt habe.

Karl Josef Dietrich

Schrifttum.

Werner *Wild:* Ursache und Verhütung der Verfärbungen von Goldlegierungen im Munde (Diss. Münster 1936).

Werner *Schöner:* Über Gold und Goldersatzlegierungen, speziell die Checo-Legierung Nr. 47. (Diss. Leipzig 1936).

Annemarie *Rößner:* Klinische und technische Prüfungen der Gußlegierung „Alba" (Diss. Leipzig 1936).

Friedrich *Arndt:* Technische und klinische Prüfungen der Gußlegierung „Pallagan" (Diss. Leipzig 1937).

Heinz *Nauenburg:* Die Aluminiumlegierung „Uralin". Zeitschrift für Stomatologie, Heft 2, 3, 4).

Degussa-Brief Nr. 37.

Korrespondenz mit den einzelnen Firmen.

Prospekte der Firmen.

M. H. *Flaschentreher:* Die Technik der Leichtmetallprothetik.

Lebenslauf.

Am 31. März 1916 wurde ich in Lohr/Main geboren. Nach Besuch der Volksschule und des humanistischen Gymnasiums begann ich im Wintersemester 1936/37 an der Universität Würzburg das Studium der Zahnheilkunde, das ich am 10. Mai 1940 mit der Approbation als Zahnarzt beendete. Seitdem bin ich in der Würzburger Zahnklinik als Volontärassistent tätig.